ESSAI DE BILAN
DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

PAR

S. HENIN et M. DUPUIS
(Versailles).

Introduction.

Dans les régions de grande culture, on assiste depuis quelques dizaines d'années à une modification radicale du système d'exploitation. Barbier (1), a montré cette transformation dans une étude sur *le Problème de l'humus dans les exploitations ayant abandonné l'élevage.* L'exploitation s'oriente presque exclusivement vers la production végétale, tandis que le bétail, — donc le fumier —, disparaît presque totalement. Cet exemple tend à être imité par suite des résultats économiques obtenus jusqu'à présent. Or, l'analyse de ces sols révèle un affaiblissement du taux de matière humique, un appauvrissement lent mais sensible.

Déjà, Boussingault (2), avait remarqué l'épuisement des sols en matière humique par suite de la culture. L'épuisement progressif des terres vierges par destruction des réserves d'humus est un fait bien connu et relevé par de nombreux auteurs, Allway (3), Snyder (4), Sievens et Holtz (5). Dans la culture continue des céréales à Woburn, la décomposition de la matière organique du sol est plus rapide que sa formation. Ceci s'explique par la constatation déjà ancienne que des façons culturales nombreuses accélèrent l'oxydation des matières organiques et par suite concourent à l'appauvrissement du sol (Snyder).

La conséquence de cet appauvrissement est une altération des qualités physiques, chimiques et biologiques du sol considéré, qui entraîne une baisse souvent considérable des rendements des cultures tout en augmentant notablement les difficultés de travail du sol. Il est donc capital de disposer des données nécessaires pour orienter les exploitations agricoles vers des systèmes de culture conservatifs,

c'est-à-dire assurant le retour du sol, à la fin du cycle de rotation, à une teneur de matières organiques au moins égale à la teneur initiale. Etant donné que les expériences permettant d'obtenir les données nécessaires doivent être nombreuses et porter sur une longue durée, la seule possibilité pour réaliser un tel travail consistait à tirer tout le parti possible de l'ensemble des résultats obtenus sur ce sujet jusqu'à ce jour. Dans ce but, nous avons regroupé les résultats de diverses expériences, en utilisant une relation mathématique basée sur quelques hypothèses simples. En introduisant des formules mathématiques, on ne peut évidemment pas conférer aux résultats une précision supérieure à celle que présentent les mesures, mais on rend possible la comparaison des résultats obtenus dans des conditions expérimentales très différentes.

Ce manque de précision des résultats est dû au moins partiellement au fait que les méthodes de détermination de la matière organique des sols sont encore un peu arbitraires et que les expériences n'ont pas toujours une durée suffisante pour que les erreurs dont les mesures sont affectées soient négligeables vis-à-vis des différences enregistrées ; il s'ensuit que les résultats sont assez variables d'une expérience à l'autre. Néanmoins, ces mesures constituent les seules données sur lesquelles on puisse établir le besoin en matière organique des sols et faute de mieux nous utiliserons ce matériel. La rigidité de la loi mathématique utilisée pour l'interpolation des résultats permet, d'autre part, de faire ressortir sans ambiguïté l'importance des erreurs et leur probabilité.

Établissement de la formule d'interpolation. — Soit dy la variation du taux de matière organique y pendant le temps dt. Soit A l'apport annuel de matière organique qui, ramené en p. cent de terre sèche sera désigné par ω.

La quantité de matière organique apportée, transformée en matière organique du sol est donnée par :

$$K_1\,\omega\,dt.$$

K_1 représentant le « coefficient isohumique » de la substance apportée, que nous définirons comme le rapport de l'accroissement du pourcentage de matière organique contenue dans le sol à la quantité de matière organique sèche apportée, exprimée en p. cent de terre sèche.

La quantité de matière organique du sol détruite pendant le temps dt est donnée par :

$$K_2\,y\,dt.$$

y représente la teneur du sol au temps t et K_2 le coefficient de destruction de la matière humique.

La variation de y pendant le temps dt devient alors :

$$dy = (K_1\,\omega - K_2\,y)\,dt. \qquad (1)$$

qui peut se mettre sous la forme :

$$\frac{dy}{K_1\,\omega - K_2\,y} = dt. \qquad (2)$$

dont l'intégration donne :

$$\int \frac{dy}{K_1 \omega - K_2 y} = -\frac{1}{K_2} L(K_1 \omega - K_2 y) = t + C^{te}. \qquad (3)$$

ou :

$$\frac{1}{K_2} L(K_1 \omega - K_2 y) = -(t + C^{te}) \qquad (3').$$

Au temps $t = 0$, y représente la teneur initiale du sol Y et (3) devient :

$$\frac{1}{K_2} L(K_1 \omega - K_2 Y) = -C^{te} \qquad (4).$$

En portant (4) dans (3) il vient :

$$\frac{1}{K_2} L(K_1 \omega - K_2 y) - \frac{1}{K_2} L(K_1 \omega - K_2 Y) = -t.$$

soit finalement :

$$\frac{1}{K_2} L \frac{(K_1 \omega - K_2 y)}{(K_1 \omega - K_2 Y)} = -t \qquad (5).$$

Lorsque t tend vers des valeurs infiniment grandes $K_1 \omega$ tend vers $K_2 y$ et à la limite on a :

$$K_1 \omega = K_2 y$$

d'où :

$$y = \frac{K_1 \omega}{K_2}.$$

Ce qui donne l'équation de la teneur à l'équilibre.
Si nous supposons ω nul, (5) devient :

$$\frac{1}{K_2} L \frac{y}{Y} = -t. \qquad (5')$$

dont le développement en série, limité au premier terme, donne en tenant compte du fait que :

$$\frac{y}{Y} = 1 + \left(\frac{y}{Y} - 1\right)$$

la formule suivante :

$$\frac{Y - y}{Y} = K_2 t.$$

Remarque. — Si nous calculons K_2 à partir de la formule du développement limité ou avec la form ... rons pas la même valeur pour K_2. Il faut teni ... :

$$Lx = 2{,}3026 \log x$$

Si nous supposons, par exemple, $y/Y = 0{,}8$, nous trouvons : $\log 0{,}8 = \bar{1}{,}903$ colog $0{,}8 = 0{,}097$. Ce chiffre divisé par la durée de

l'expérience (par exemple 20 ans) ne donnera pas K. Il nous faut multiplier le résultat par 2,3026. En effet :

$$\frac{0,097}{20} \cdot 2,3026 = 0,011.$$

Cette valeur est très proche de celle que l'on trouverait en partant du développement limité.

Cette équation est applicable pour les essais de courte durée, soit environ dix à vingt ans si K_2 est suffisamment petit.

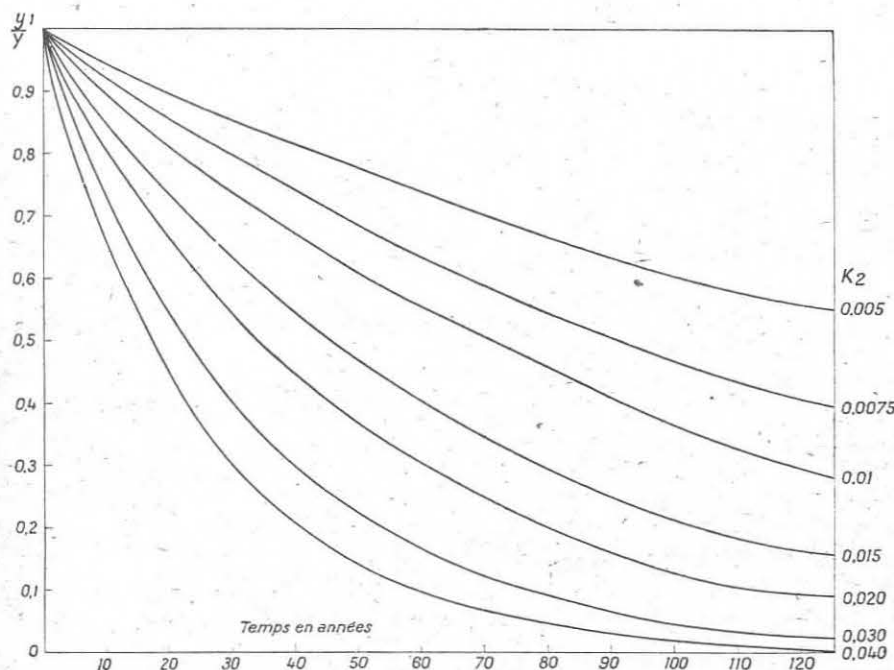


Fig. 1

Dans ce qui suit, nous allons considérer les résultats expérimentaux dans les conditions précitées. Nous noterons à ce sujet que la plupart des auteurs donnent seulement deux valeurs pour la teneur du sol en matière organique, au temps zéro et au temps *t*, alors qu'il en faudrait trois pour déterminer entièrement les constantes K_1, K_2 et ω. Dans ces conditions, nous considérerons tout d'abord les valeurs de K_2 en admettant que ω est nul. La valeur apparente de K_2 ainsi calculée nous renseignera à la fois sur le taux de décomposition de la matière organique et sur la valeur de ω ; toutefois elle ne pourra être utilisée directement pour les calculs ultérieurs qu'après avoir fixé, par d'autres considérations, l'ordre de grandeur de ω.

Détermination du coefficient de destruction apparent, en supposant un apport nul. — La détermination des valeurs de K_2

à partir des données de la littérature a été effectué graphiquement au moyen de l'abaque suivante, établie d'après la formule :

$$L \frac{y}{Y} = -K_2 t.$$

Y étant la teneur initiale, y la teneur finale du sol considéré. Sur ce

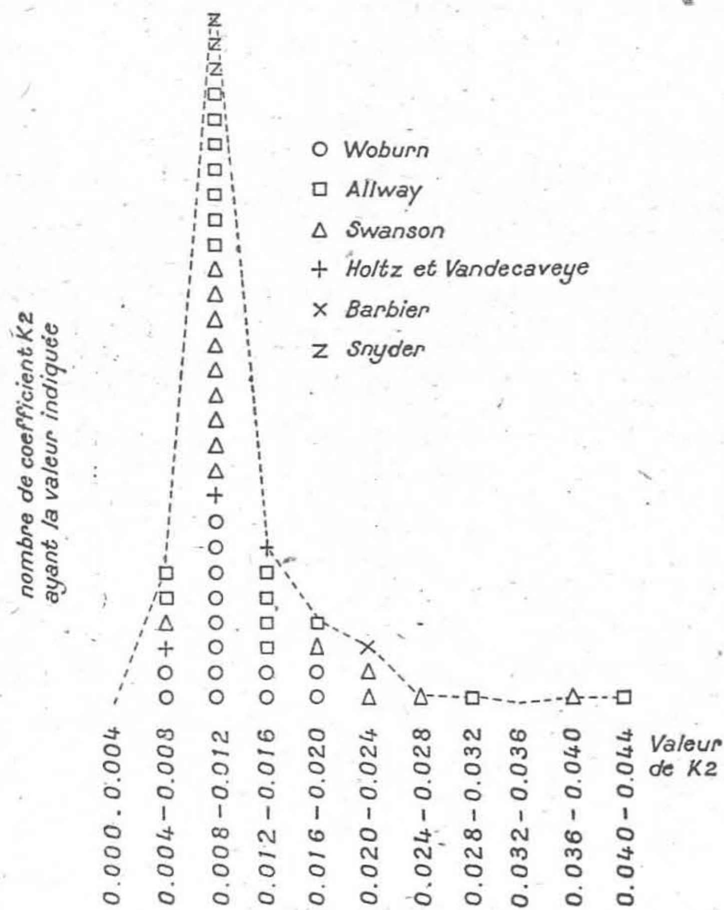


FIG. 2

graphique, on a porté en abscisse les temps, en ordonnée les rapports $\frac{y}{Y}$. Les courbes correspondent aux valeurs de K_2 indiquées sur la figure. L'usage de l'abaque est des plus simples ; les calculs se réduisent à celui de y/Y ; en cherchant sur le graphique l'intersection de l'ordonnée correspondant à la valeur ainsi établie et l'abscisse correspondant au temps mesurant la durée de l'expérience, on obtient un point. La valeur de K_2 relative à l'expérience est immédiatement déter-

minée si le point se place sur une des courbes. Dans le cas contraire, on la calcule en interpolant par simple proportionnalité.

Nous avons classé les résultats par valeur croissante de K_2 de 0,004 en 0,004; elles s'étendent de 0,004 à 0,04, soit de 1 à 10, la moyenne générale étant de 0,0121. Cette constatation serait assez décevante. Mais nous pouvons éliminer des résultats correspondant à des sols soumis au dry-farming dans les régions arides (6), car ils comportent tous ou à peu près de fortes valeurs de K_2 relatifs à des sols ne portant pas de végétation. Enfin nous n'avons jamais tenu compte de sols recevant des apports de matière organique autres que ceux provenant accidentellement de la végétation.

Nous avons ainsi des valeurs de K_2 variant de 0,004 à 0,020; mais 28 d'entre elles, soit 56 p. cent, sont comprises entre 0.008 et 0,012. La moyenne générale calculée est de 0,0105, c'est-à-dire que environ 80 p. cent des valeurs sont comprises entre $0,0105 \pm 0,0027$.

Les résultats de Versailles (7) nous donnent un coefficient K_2 supérieur à celui de la moyenne générale. Comme il n'y a pas de matière organique apportée, on peut admettre qu'il s'agit de la vraie valeur de K_2 pour la région de Paris, dans les sols de limon.

Le coefficient K_2 sera fixé approximativement à 0,020. Nous verrons plus loin que ce choix se justifie par d'autres considérations.

Détermination du coefficient isohumique. — Dans un précédent chapitre, nous avons défini le coefficient isohumique comme étant le rapport, désigné par K_1, de l'augmentation du taux de matière organique considéré à la quantité de matière organique sèche apportée, exprimée en pour cent de terre. En d'autres termes, c'est un coefficient de transformation des diverses substances organiques apportées au sol, en matière humique.

Les données les plus nombreuses se rapportent au fumier de ferme; quelques-uns seulement concernent les engrais verts, les résidus de récoltes.

Nous avons déterminé d'après les résultats expérimentaux la valeur de ce coefficient d'après la méthode appliquée à l'exemple suivant (7) :

	p. cent
Teneur initiale du sol	3,00
Teneur après dix ans :	
du sol enrichi	2,78
du témoin	2,52
Dû à l'apport de matières organiques	+0,26
Apport de matière organique sèche total p. cent de terre	0,62

D'où :

$$K_1 = \frac{0,26}{0,62} = 0,43.$$

(1) Notons entre autres que les résultats fournis par L. Leeper sont de 0,025 pour les sols d'Australie. Citant Niefiekoeroff, le même auteur donne 0,01 pour les sols de Russie. Pour les polders de Hollande, nous trouvons des valeurs de l'ordre de 0,01.

Voici ci-après un tableau des valeurs trouvées :

Tableau des valeurs en K_1

Origine des expériences	Subst. apportée	Valeur de K_1	Origine des expériences	Substance apportée	Valeur de K_1
Woburn (orge) (8) ..	fumier	0,43	Versailles (cases lys.)	paille	0,49
— (blé)	—	0,65	— (42 parcelles) (9)	fumier	0,30
— (orge)	—	0,78	West. Washint. (10).	—	0,51
— (blé)	—	0,37	—	foin de luzerne	0,25
— (orge)	—	0,31	—	paille	0,13
— (blé)	—	0,16	Exp. De Turk (11) .	résidus de récoltes	0,18
— (orge)	—	0,16	— ..	—	0,18
—	—	0,10	— ..	—	0,13
			— ..	—	0,14

Les résultats, on le constate, sont très variables. Nous ne pouvons donc en tirer une valeur du coefficient isohumique spécifique de chaque substance mère d'humus.

La valeur moyenne que nous avons calculée est 0,36 et nous utiliserons dans nos calculs ultérieurs, pour simplifier, 0,4 comme coefficient isohumique moyen.

Enrichissement en matière organique par les résidus de récoltes. — Ces résultats vont nous permettre maintenant d'évaluer l'enrichissement en matière organique dû aux résidus de récoltes. Nous distinguerons les récoltes annuelles et les récoltes pérennes.

a) *Récoltes annuelles.* — Demolon (12), citant Muntz et Girard, indique les données suivantes :

Poids sec de radicelles par ha.

	Kg
Avoine	1 637
Blé	1 500
Trèfle 1 an	2 269

De même, d'après Schultze, il indique :

Résidus de récoltes	Kg de mat. sèche/ha
Orge	1 340
Avoine	2 100
Blé de printemps	1 330
Seigle	2 120
Fèves	3 540
Lupin jaune	2 085

Il indique, d'autre part, que dans la plupart de nos récoltes, le rapport du système radiculaire aux parties aériennes est de 10 à 17 p. cent et pour les légumineuses, le résidu est de 20 p. cent environ de la récolte.

b) *Récoltes pérennes* (*luzernes et prairies*). — Nous admettrons pour nos calculs que le coefficient de déperdition est le même dans le sol travaillé que dans le sol en luzerne ; cette hypothèse, probablement inexacte, est néanmoins commode pour les besoins du calcul

et les erreurs qu'elle peut introduire sont compensées dans le bilan général en introduisant la même hypothèse.

La détermination s'effectuera de la façon suivante :

Soit Y la teneur initiale du sol, y la teneur du sol cultivé sans apport de matière organique, et y' la teneur du sol portant une luzerne. On admettra que l'enrichissement en n années est égal à $y' - y$, soit un enrichissement annuel de :

$$\frac{y' - y}{n}.$$

Cette formule, remarquons-le tout de suite, n'est plus valable pour des essais de longue durée. Dans ce dernier cas, il nous semble préférable d'appliquer la formule :

$$L \frac{y'}{y} = K' t.$$

où K′ représente une constante que l'on déterminera expérimentalement.

Appliquant ces différentes considérations aux indications trouvées dans la littérature, nous établissons les résultats représentés dans le tableau suivant :

Enrichissement par luzernières.

Origine des expériences	Kg. fumier donnant un enrichissement équiv.	Equiv. mat. org. sèche
Nebraska (Allway)	7 200	1 200
—	12 200	2 030
—	11 880	1 980
Western Washington (Swanson)	6 840	1 140
— —	3 960	660
— —	2 080	340
— —	4 140	690
Moyennes	7 043	1 174

D'autre part, les évaluations d'autres auteurs ont donné :

Nature de l'expérience et auteur	Résidus laissés en kg de matière sèche par ha
Trèfle rouge 1 an (Schultze, in Demolon)	2 000
Trèfle rouge 2 ans — —	6 450
Luzernière de Versailles (Demolon), 1 an	600
— — 2 ans	2 100
— — 3 ans	4 750

Ces apports résiduels permettent de comprendre que la teneur des sols en matière humique ne descend pas au-dessous d'un taux-limite (valeur à l'équilibre) que nous préciserons plus loin. Dans la suite de nos calculs, nous retiendrons l'apport de matières organiques dû à la récolte des légumineuses, et nous admettrons que les résidus laissés par les récoltes sont, en chiffres ronds, 15 p. cent pour les céréales et 20 p. cent pour les légumineuses.

Vérifications.

Justification du choix de la valeur de K_2. — Nous avons retenu pour la valeur des K_2 sans apport de matière organique, 0,02. On

peut calculer une valeur réelle de K_2 à l'aide de deux séries d'observations citées par la littérature.

Nous avons vu précédemment que les expériences faites à Woburn et les observations de Barbier donnaient une série intéressante de chiffres qui nous permettaient de déterminer simultanément les trois constantes K_1 K_2 et ω de la formule d'interpolation.

Ces deux séries d'expériences nous ont donné respectivement :

Woburn .... $K_2 = 0{,}015$
Barbier .... $K_2 = 0{,}020$

Ceci justifie l'utilisation de valeurs K_2 de l'ordre de grandeur de celle adoptée.

Si nous considérons maintenant les valeurs expérimentales observées pour les teneurs en matière organique de la terre à l'équilibre, nous avons :

Woburn .... 1,0 à 1,2
Région parisienne 1,5

En nous référant à l'équation de la valeur à l'équilibre, établie au début de cette étude, nous pouvons évaluer l'apport annuel par résidus.

Les apports sont respectivement :

—	K_1	K_2	A
Woburn	0,40	0,015	1 125 kg/ha
Barbier	0,40	0,020	2 250 —

Nous observons évidemment une différence assez considérable dans les apports respectifs de résidus dans les deux cas. Mais n'oublions pas qu'à Woburn il s'agit d'une culture continue de céréales, avec des rendements continuellement faibles et décroissants; cette valeur semble d'ailleurs trop élevée dans ce cas, tandis que les cas observés par Barbier se rapportent à des terres de culture intensive, soumises à un assolement qui comporte des prairies artificielles.

Comme les résultats ainsi trouvés sont assez constants et du même ordre de grandeur que celui que l'on avait pu calculer en partant des valeurs données précédemment par les résidus de récoltes, ceci montre que malgré l'imprécision considérable que l'on aurait pu attendre du fait de l'introduction dans les calculs de plusieurs résultats approchés, ils sont restés dans un ordre de grandeur normal.

Comme de nombreux résultats donnent, pour le coefficient apparent, un ordre de grandeur voisin de celui de Woburn et de Barbier, pour des cultures du même type, nous sommes conduits à admettre que les valeurs de K_2 établies par le calc ifiées par les résultats.

Dégagement de CO_2. — Nous pouvons encore trouver une vérification de nos calculs en considérant la quantité de CO_2 émise par le sol.

La quantité de matière organique brûlée par an dans un sol contenant de 2 à 4 p. cent de ces substances est :

Teneur du sol en matière organique	Quantité brûlée kg/ha
2 p. cent	1 200
3 —	1 800
4 —	2 400

Soit comme dégagement moyen quotidien en admettant que la matière organique contient 50 p. cent de C :

a) 0,61 g/m² par jour;
b) 0,95 —
c) 1,23 —

Ces chiffres sont un peu inférieurs à ceux de la littérature. Dans le cas d'une terre nue, on trouve d'après E. J. Russell des valeurs variant de 1,1 à 4,0 g par m² et par jour. On constate néanmoins que l'ordre de grandeur est respecté. S'il se trouvait dans le sol considéré quelques débris végétaux en voie d'humification, les valeurs que nous calculons se situeraient vers la moyenne des quantités trouvées expérimentalement. En effet, si nous considérons une quantité de résidus de 1 500 à 1 800 kg (résidus de céréales), la fraction décomposée de ceux-ci, soit 60 p. cent, fournit en moyenne 0,75 g de CO_2 par m² et par jour, ce qui donne 1,36, 1,70 et 1,98 g/m² pour l'émission journalière moyenne du sol.

Applications. — Nous pouvons admettre que dans les grandes lignes les résultats trouvés correspondent suffisamment à ceux de la pratique pour tenter de calculer le bilan de la matière organique dans le cas d'une rotation.

Dans les conditions culturales ordinaires, on considère que le sol est assez bien pourvu avec 3 à 4 p. cent de matière organique. C'est l'ordre de grandeur des teneurs observées par Joret dans les terres de culture du Santerre et du Vimeu, soumises à une culture intensive (13). C'est aussi l'ordre de grandeur des résultats indiqués par Demolon pour diverses régions de France (Picardie, Normandie, Bretagne, Beauce, Perche et Sologne, Centre, Est) et dans des terres de productivité moyenne ou bonne.

Dans nos calculs ultérieurs, nous envisagerons la rotation décennale classique :

1 betterave 2 blé 3 avoine 4 luzerne 5 —	6 blé 7 orge 8 betterave 9 blé 10 avoine

dans des conditions culturales de grosse région de production.

Si nous envisageons la déperdition de matière organique des sols avec des teneurs initiales de 3 p. cent et 4 p. cent et des coefficients de destruction de 0,0175 (moyenne des résultats de Woburn et de Barbier) et 0,02, nous obtenons, tous calculs faits, en supposant 3 000 t de terre arable par hectare et par an :

Teneur du sol en matière organique	K_2 0,0175	K_2 0,020
3 p. cent	1 575	1 800
4 —	2 100	2 400

Les apports provenant des résidus laissés par les diverses cultures, estimés en kg peuvent être évalués comme suit :

Nature de la culture	Résidus en matière organique sèche	Résidus transformés en mat. organ. du sol
Betterave	3 200	1 280
Blé	1 700	680
Avoine	1 200	480
Luzerne	2 500	1 000
—	4 500	1 800
Av. enfouissement :		
Blé	1 700	680
Orge	1 200	480
Betterave	3 200	1 280
Blé	1 700	680
Avoine	1 200	480
Total	22 100	8 840

On remarquera que ces chiffres sont du même ordre de grandeur que ceux cités précédemment.

La matière organique apportée, en prenant comme coefficient isohumique 0,40, se transforme en environ 8 800 kg de matière organique du sol. Pour une terre à teneur initiale de 3 p. cent, avec $K_2 = 0,02$, la perte moyenne en dix ans est de 18 000 kg. Le déficit est donc approximativement de 10 000 kg.

Enfin, avec $K_2 = 0,0175$ la perte décennale est de 15 750 kg pour une teneur initiale de 3 p. cent et 21 000 kg, pour 4 p. cent, ce qui représente respectivement des déficits de 6 950 et 12 200 kg. Vérifions enfin que la teneur du sol en équilibre avec un apport annuel moyen de 880 kg et en considérant un coefficient K_2 de 0,02 correspond à une valeur un peu inférieure à 1,5 p. cent voisine pratiquement du chiffre déduit des observations de Barbier. Si on prend $K_2 = 0,0175$, la teneur à l'équilibre devient 1,7 p. cent. Constatons enfin que si nous soustrayons des pertes annuelles de 1 580 et 1 800 kg, la quantité apportée par les résidus de récoltes, 880 kg, nous trouvons des pertes de 700 et 920 kg pour un sol contenant 3 p. cent de matières organiques. Nous trouvons des coefficients apparents de 0,01 dans le premier cas et 0,008 dans le second, c'est-à-dire des valeurs de l'ordre de grandeur de celles calculées précédemment (voir tableau I). Comme les apports constatés correspondent à de fortes récoltes, il est vraisemblable que l'apport annuel est inférieur à 800 kg et que dans ce cas, le coefficient de 0,0175 correspond à la réalité, car si cet apport est plus faible, le coefficient de 1 p. cent correspond au plus petit coefficient réel, soit 0,0175.

Nous savons qu'en tête d'assolement, soit avant les plantes sarclées, on apporte une importante fumure organique. Dans les régions de culture industrielle, on applique en moyenne 50 t/ha. Ceci en matière organique sèche (20 p. cent) représente 10 000 kg qui, avec un coefficient isohumique de 0,40, donnent 4 000 kg de matière organique du sol. Avec deux apports que comporte la rotation le sol est enrichi de 8 000 kg de matière organique résiduelle.

Le cycle se trouve donc clos à 2 000 kg de matière organique près, ce qui est de l'ordre de grandeur de nos approximations. En particulier, en adoptant pour K_2 la valeur de 0,0175 l'apport de fumier

paraît plus que suffisant pour maintenir le sol à un taux de matière humique de 3 p. cent. Il est, par contre, un peu déficient si l'on considère un taux initial de 4 p. cent.

Conclusions.

L'étude effectuée montre que les résultats cités par la littérature concernant l'évolution de la matière organique dans les sols permettent d'en établir le bilan approximatif; de ce fait il est possible de juger en bloc la valeur d'un système de culture du point de vue du maintien du niveau humique d'un sol donné.

Cependant, le choix effectué dans les résultats restreint nos conclusions aux sols non calcaires de la région au nord de la Loire. En climat semi-aride, en présence de modes de culture spéciaux, tels que l'irrigation ou le dry-farming, elles ne sont plus valables. Sous le climat méditerranéen il semble que déjà le coefficient K_2 doit passer de 0,02 à 0,03 ou plus, ce qui expliquerait la teneur très faible en matières organiques des terres de cette région. Dans les régions tropicales on peut s'attendre à trouver des valeurs plus élevées encore. En tous cas, les exemples analysés et comparés apportent, — eu égard à l'ordre de grandeur de résultats obtenus à partir de données sporadiques —, des solutions déjà satisfaisantes, encore qu'approximatives. aux problèmes suivants :

1° Perte de matière organique du sol nu après un temps *t*.

2° Perte du même sol cultivé.

3° Assolement et apport de fumier pour maintenir le niveau humique.

4° Assolement et apport de fumier pour amener le sol à un niveau humique donné.

Pour préciser ces résultats et en étendre les conclusions à d'autres régions naturelles, il serait nécessaire d'entreprendre simultanément sous divers climats et pour plusieurs types de sols des recherches portant sur les points suivants :

1° Coefficient de destruction K_2 (influence du milieu et du système de culture) ;

2° Coefficient isohumique des diverses substances-mères d'humus ;

3° Importance des résidus laissés par les récoltes en fonction de leur productivité ;

4° Enrichissement des terres sous prairies en fonction du rendement.

C'est là un travail considérable, de longue durée — de l'ordre de quinze à vingt ans — mais indispensable si l'on veut disposer des éléments nécessaires pour orienter les praticiens vers des rotations conservatives, c'est-à-dire dans lesquelles le niveau humique est au moins égal, à la fin de la rotation, à ce qu'il était au commencement. Les résultats obtenus dans ce travail montrent que l'on peut raisonnablement espérer atteindre ce but à condition de ne pas être trop exigeant quant à la précision des données. Une étude serrée des méthodes de dosage de la matière organique faciliterait grandement cette tâche,

Par ailleurs, ces conclusions peuvent être considérées d'un point de vue plus général. Le niveau humique qui constitue un des facteurs de la fertilité du sol et de sa conservation doit être maintenu dans toute agriculture rationnelle. Méconnaître cette vérité expose à de graves mécomptes dont les pays neufs présentent des exemples impressionnants. Cette nécessité impose certaines conditions aux rotations utilisées et celles-ci apparaissent alors comme des unités techniques et économiques. Cette remarque n'est pas nouvelle, mais le problème de l'humus est un des éléments qui confèrent au cycle cultural son unité et ce fait n'était pas encore apparu sous son aspect quantitatif. Ainsi le prix de revient d'un produit donné n'a de sens que dans le cadre de la rotation. Cette remarque est valable tant sur le plan de la gestion de l'entreprise que sur le plan de l'économie nationale, en particulier quand on compare deux nations appliquant des systèmes conservatifs ou non conservatifs. L'obtention de prix de revient moins élevés avec un système non conservatif constitue un véritable dumping. C'est là un point sur lequel nous avons cru bon d'insister dans une période où notre pays et le monde entier veulent s'orienter vers une nouvelle organisation.

BIBLIOGRAPHIE

(1) G. Barbier. — *C. R. Ac. Agric.*, 1943, 29, 524-529.
(2) Boussingault. — Cité par Demolon (cf. 12).
(3) F. J. Alway. — *Bull. Exp. St. Nebr.*, nº 111.
(4) Snyder. — *Ann. agr.*, 1899. Cité par Dehérain.
(5) F. J. Sievers. — *Jnal Am. : Sty of Agr.* 1930, 22, 10-13.
(6) C. O. Swanson et W. L. Latshaw. — *Soil Sc.*, 1919, VIII, 1-39.
(7) J. Sarazin. — *Rech. sur la Fertilisation en 1941*, p. 25-27.
(8) E. J. Russell et J. A. Vœlcker. — *50 years of Field experiments at the Woburn Exper. Station (Rothamsted Monograph.)*, Londres 1936, Longmans and Green.
(9) A. Demolon et H. Burgevin. — *Humification des Pailles*, (2e édit.) Monographie C. N. R. A. Versailles, Paris, 1941, Impr. Nationale.
(10) H. F. Holtz et F. C. Vandecaveye. *Soil Sc.*, 1938, 45, 143-164.
(11) L. M. de Turk et C. E. Millar. — *Jnal Am. Sty Agr.*, 1936, 28, 310-324.
(12) A. Demolon. — *La Dynamique du* [illegible])38, Dunod, édit. — loc. cit.
(13) G. Joret et H. Malterre. — *Ann. Agr.* (Nlle série), 1935, V, 632-678 et 1936, VI, 409-427.
(14) E. J. Russell. — *Soil Condition and Plant Growth* (2e éd.).